

薄膜金属型结晶器和使用该结晶器铸造铸件的方法

IAP20 Rec'd PCT/PTO 16 DEC 2005

技术领域

本发明涉及一种结晶器和使用该结晶器铸造铸件的方法，主要用于铝、镁、铜、锡等中、低熔点金属及其合金的铸造，尤其适用于该几类金属铸件中有底或无底的筒状铸件、特别是铝活塞的铸造。

背景技术

在金属的铸造生产中，沿自下而上方向的快速、顺序结晶是理想的结晶方式，如果能按这一方式完成铸件的结晶过程，所得铸件的铸造缺陷将接近于零。能够导致铸件自下而上快速、顺序结晶的外部条件是自下而上的（热流方向是自上而下的）快速、顺序热扩散。因此，自下而上的快速、顺序热扩散也就成为世界范围内铸造工作者梦寐以求的工艺方法。但是，在已有的铸造技术中，仅有少数几种技术能够实施自下而上的快速、顺序热扩散。例如电渣重熔、锭坯连铸、熔融锡浸入法等。这些技术带有明显的局限性，电渣重熔、锭坯连铸技术只能生产横截面形状没有变化的坯料，无法铸造形状各异的铸件。熔融锡浸入法生产的产品造价昂贵，不能被普通工业领域广泛采用。

中国专利申请CN1098344A公开了一种“薄膜金属型铸造设备及其铸造方法”，其设备构成如图25所示，其中包括型箱90、薄膜金属型91、喷嘴92、拉杆93、顶板94等。该项技术实现了铸型薄膜化，以喷嘴91对薄膜金属型90的外壁自下而上喷施冷却介质，对铸件88进行自下而上的快速、顺序热扩散，进而引导结晶界面89沿自下而上的方向快速、顺序推进。毫无疑问，这项技术对铸件的快速、顺序热扩散方法趋于成熟起到了积极推动作用，但是，其不足之处是：（1）由于采用喷雾方式进行冷却，对铸件结晶界面的移动速度控制的精确度不够准确，从而使铸件的内部质量仍不够理想。（2）其是用电阻对焊的方法将多个拉杆93焊在薄膜金属型91的外壁，拉杆的另一端固定在总体支持件型箱90上，通过拉杆93的拉力和顶板94的阻力对薄膜金属型91进行固定，这种固定方法支点少，薄膜金属型受力不均匀，容易产生大面积变形；而且，薄膜金属型的拆、装比较困难。这些不足之处亟待改进。

25

发明内容

本发明的目的在于提供一种薄膜金属型结晶器，其可以对铸件施行快速顺序热扩散，提高铸件内部质量。

本发明的目的还在于提供一种使用该结晶器铸造铸件的方法，能够使铸件沿自下而上方向的快速、顺序结晶，提高铸件质量。

本发明可采用如下技术方案来实现上述目的，一种结晶器，用于低熔点金属及其合金的铸造，其至少包括有基座、底型、和位于底型上的型座、薄膜型，所述型座的内侧呈放射状设有多个规板，该多个规板向心一侧形成为与薄膜型的型壁外周相一致的形状，型壁的内周则是铸件的外周形状，相邻的规板之间具有一定的垂向间隙形成为空槽，该薄膜型通过定位件固定于型座上，从而该空槽闭合成为冷却介质的循环通道即介质槽；介质槽的上端有至少一个给水口，介质槽的下端与排水管

连通。

本发明中的多个规板可固定在型座的内侧或一体形成在型座的内侧。

优选地，所述的多个规板可呈垂向设于型座的内侧。

本发明中的规板的向心一侧可为被一切割体切割而形成的缘，该切割体的外周面与薄膜型型壁
5 的外周相吻合。具体地，所述规板向心一侧的缘其横截面形状是用切割体截顶的三角形。该规板的
截顶弧长可具体为 0.5~6mm，相邻两条缘在圆柱体上截得的弧长为 2~50mm。

作为本发明的一种具体实施方式，所述的切割体可为圆柱体，该圆柱体的圆柱面与薄膜型型壁
的外圆相吻合。

本发明的型座可沿分型面布有至少两个合型副，所述薄膜型由型壁和型耳构成，型耳是由型壁
10 沿分型面延伸一个宽度形成的，所述型耳被压紧在型座的合型副之间。

本发明中的薄膜型可设有定位件，该定位件由设于合型副上的多个插槽和设于型耳上的多个插
脚构成。

本发明中的薄膜型的厚度与筒状铸件直径的比值可在 0.0015~0.006 之间。在实际使用过程中，
计算所得的薄膜型的型壁厚度若是非标准数据，可以整合为标准厚度。该薄膜型可用马氏体耐热钢
15 制作。

本发明中的同一个型座上的所有空槽底部有通道联通，并通向排水管。

进一步，本发明的底型上可设有有外副，外副与型壁的内周相吻合，底型固定在基座上，型座
可在底型上滑动；圆柱体切割型座的内侧下部形成纲环，薄膜型的下部被夹紧在外副与纲环之间。

设圆柱体的半径为 R1，纲环的半径为 R2，外副的半径为 R3，筒状铸件的外径为 R4，薄膜型壁
20 的厚度为 6，本发明将它们的配合关系界定为：

$$R1=R2=R3+6=R4+6 \quad (\text{式一})$$

本发明中的底型、型座、薄膜型、砂芯等部件都以基座为基础发生安装关系。这一安装完成后，
形成型腔；同时，也使空槽闭合而成为冷却介质的通道即介质槽。介质槽的上端有至少一个给水口，
介质槽的下端与排水管连通，排水管通过软管与泄水口连通，泄水口固定在液面控制器之中，在低
25 于介质槽下端和高于介质槽上端的一段垂向行程内，液面控制器可在设定的高度停留或以设定的速度
度升降。

在结晶器上方的相关位置上有浇杯、浇包，浇杯和浇包分别有各自的操作机构，浇包在升降的
同时还能以翻转中心为轴心进行翻转，为了便于计算注速，浇包的经向截面形状设计成以翻转中心
为圆心的扇形，浇包每翻转一度倒出的熔体是一个定量。浇杯和浇包的升降速度以及浇包的倾翻速
30 度都处在参数控制状态。

本发明的结晶器可以在薄膜型之间加入金属型，每个型座割除两个区域，在割除的区域内加进
金属型；金属型的内侧形状与型壁的内圆共同组合成筒状铸件的外周形状。每个金属型至少有两个
侧面，侧面作合型面使用。每一只金属型内各含一根销孔芯杆，销孔芯杆可在金属型内推拉。

将每一型耳分别压紧在合型副之间。型壁下部的一段被压紧在纲环与外副之间，型壁的张力与
35 规板的反张力形成一对力偶，使型壁准确定位且具有刚性。

在型腔的顶部装有顶芯和顶芯操作机构。顶芯用非金属材料或复合材料制成，以氮化硅 Si₃N₄ 为

佳。顶芯的附近设置加热器。

根据本发明的另一个方面，提供一种用本发明结晶器铸造筒状铸件的方法。包括以下步骤：

将金属熔体以设定速度注入上述结晶器的型腔中。所述的设定速度必须使型腔中的金属熔体液面能够高于介质槽中的冷却介质液面；

5 当金属熔体充满型腔底部并淹没注管底端 10~30mm 之后，开通配水盒，通过多个给水口将冷却介质注入介质槽中；

以筒状铸件纵向各段的 R 值分段控制冷却介质液面上升速度，R 为铸件结晶界面的垂向移动速度；

结晶界面接近筒状铸件顶部时，减小冷却介质液面的 R 值或令 R 值为零。

10 浇注结束。待铸件完成结晶后，停止给水，通过液面控制器将泄水口降至介质槽底端以下，排尽介质槽中的冷却介质。

排尽介质槽中的冷却介质后，结晶器保持即时状态进入一个空冷时段，空冷时段为 10~90 秒，随后脱型，取出铸件，开始进入下一个铸次。

以上所述的 R 值是运用下述公式计算得出，

15

$$R = \frac{\cos \alpha (\lambda S GTS - \lambda L GTL)}{\sigma S \Delta h} \quad (\text{式二})$$

式中：λS — 固相热导率；

λL — 液相热导率；

GTS — 固相水平方向单位长度上的温度梯度；

GTL — 液相水平方向单位长度上的温度梯度；

20 σS — 固相密度；

Δh — 凝固潜热；

α — 结晶界面与水平面的夹角；

R — 结晶界面的垂向移动速度(厘米/秒)。

如果结晶器型腔的顶部有顶芯时，本发明的方法还包括以下步骤：

25 利用加热器加热顶芯，使顶芯温度始终保持在铸造金属的液相点温度以上。

利用操作机构在浇注开始前将顶芯放入型腔，待铸件完成结晶后用操作机构脱取顶芯并将其放入加热器中保温。

本发明的方法利用带有注管的浇杯将金属熔体注入型腔，还包括以下步骤：

在浇注前将浇杯的注管伸到型腔的底部；

30 开始浇注，待型腔内金属熔体液面淹没注管底端 10~30mm 时，浇杯和浇包同步提升，其提升速度与金属熔体液面上升速度保持一致；在一个铸次的金属熔体全部铸完之前，注管的底端始终位于金属熔体液面以下 10~30mm。

浇包的径向截面形状是以浇包翻转中心为圆心的扇形，浇包翻转单位角度对应一定的倒出熔体重量，金属熔体液面上升速度是通过浇包的翻转角速度来控制的。

用本发明的技术铸造简状铸件产生了明显的积极效果，以铸造铝硅共晶活塞为例分述如下：

一、用本发明的技术铸造的铝活塞在任意的剖切面上均未发现针孔和疏松，按 GB3508-83 标准衡定，宏观组织优于 1 级，已有技术铸造的铝硅共晶活塞其宏观组织 2~4 级。

二、用本发明的技术铸造铝活塞，微观组织明显改善，按 JB/T8892-1999 标准衡定，微观组织 5 稳定表现为 1 级，已有技术铸造的铝硅共晶活塞其微观组织在 2~4 级。

三、鱼骨状铁相夹杂物 2 级。按 JB/T51050-1999 分等标准衡定，以上三项效果致使铝硅共晶活塞优质品率>90%，已有技术铸造的铝硅共晶活塞其优质品率在 10~30%。

四、用本发明的技术铸造铝活塞无需设置冒口和浇道，所以，金属铸造收成率提高到 75~90%，已有技术铸造铝活塞其金属铸造收成率在 40~60% 之间。仅此一项降低制造成本 20~30%。

10

附图说明

图 1 是本发明结晶器的剖视图；

图 2 是图 1 中沿 E-E 的剖视图；

图 3 是图 1 中沿 F-F 的剖视图；

15

图 4 是型座的轴侧图；

图 5 是本发明实施例中两个薄膜型中的一个；

图 6 是本发明实施例中两个薄膜型中的另一个；

图 7 是底型的剖视图；

图 8 是本发明结晶器铸前状态的示意图，此时浇杯注管已经伸到型腔底部；

20

图 9 是典型的无底筒状铸件的结晶过程的示意图；

图 10 是典型的有底筒状铸件的结晶过程的示意图；

图 11 是铸件结晶进入最后阶段，对液穴进行收口整理的示意图；

图 12 是本发明异型结晶器加入金属型的结构示意图；

图 13 是本发明异型结晶器各部在合型前的相互关系示意图；

25

图 14 是本发明异型结晶器工作状态示意图；

图 15 是图 14 中沿 G-G 线的剖视图；

图 16 是本发明异型结晶器合型前的轴侧图；

图 17 是本发明异型结晶器的合型状态示意图；

图 18 是本发明优选实施例中顶芯和顶芯操作机构的侧视图；

30

图 19 是本发明优选实施例铝活塞 A 段的结晶状态示意图；

图 20 是本发明优选实施例铝活塞 B 段的结晶状态示意图；

图 21 是本发明优选实施例铝活塞完成结晶后空冷时段的状态示意图；

图 22 是本发明优选实施例无底筒状铸件的剖视图；

图 23 是本发明优选实施例有底筒状铸件的剖视图；

35

图 24 是本发明优选实施例异型筒状铸件的剖视图，该铸件为—110 铝活塞毛坯；

图 25 是现有技术中薄膜型结晶器的剖面示意图。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的具体实施方式给以详细说明。

- 如图 1—22 所示，本发明的结晶器至少包括有基座 1、底型 2、位于底型 2 上的型座 6、7 以及 5 薄膜型 8、9，所述型座 6、7 的内侧呈放射状设有多个规板 16，该多个规板向心一侧形成为与薄膜型 8、9 的型壁 8-1、9-1 外周相一致的形状，型壁 8-1、9-1 的内周则是铸件的外周形状，相邻的规板之间具有一定的垂向间隙形成为一空槽 17-1，该薄膜型 8、9 通过定位件固定于型座上，从而该空槽 17-1 闭合成为冷却介质的循环通道即介质槽 17；介质槽 17 的上端有至少一个给水口 5，介质槽 17 的下端与排水管 12 连通。这样，本发明的结晶器不但可以通过在介质槽 17 内注入冷却介质对 10 铸件进行自下而上的快速、顺序热扩散，进而引导结晶界面沿自下而上的方向快速、顺序推进，提高铸件的内部质量；并且型座 6、7 的内侧的多个规板 16 可对薄膜型 8、9 进行多面的均匀支撑定位，从而避免了现有技术中薄膜型易于变形的缺陷。另外，由于多个规板向心一侧共同形成为与薄膜型 8、9 的型壁 8-1、9-1 外周相一致的形状，使薄膜型 8、9 自然抵靠定位，不需焊接固定，从而拆卸 15 容易。
- 在本发明中，该多个规板 16 可固定在型座 6、7 的内侧，也可一体形成在型座 6、7 的内侧，在此不作限制。

如图 3、图 4 所示，本发明中的多个规板 16 可进一步呈垂向设于型座 6、7 的内侧。

为便于对薄膜型 8、9 进行均匀的支撑，避免其变形，可进一步于规板 16 的向心一侧为被一切割体切割而形成缘 21，该切割体的外周面与薄膜型型壁 8-1、9-1 的外周相吻合。

- 作为一种具体的例子，如图 2、图 3 所示，该规板 16 向心一侧的缘 21 其横截面形状是用切割体截顶的三角形。该规板 16 的截顶弧长可具体为 0.5~6mm，相邻两条缘在切割体上截得的弧长具体为 2~50mm。

本发明提供的上述结晶器铸造铸件的方法，包括如下步骤：

- (a) 将金属熔体 30 以设定速度注入上述结晶器的型腔中，所述的设定速度必须使型腔中的金 25 属熔体液面 35、38、76 能够高于介质槽中的冷却介质液面 34；
 (b) 当金属熔体 35、38、76 充满型腔底部并淹没注管 28-1 底端 10~30mm 之后，开通配水盒 72，通过多个给水口 5 将冷却介质 33 注入介质槽 17 中；
 (c) 以简状铸件纵向各段的 R 值分段控制冷却介质液面 34 的上升速度，R 为铸件结晶界面的垂向移动速度；
 30 (d) 结晶界面接近简状铸件的顶部时，对铸件最后的液穴 43 进行收口，所述的收口是减小冷却介质液面 34 的上升速度或令上升速度为零；
 (e) 待收口结束、铸件全部完成结晶后，停止给水，通过液面控制器 10 将泄水口 11 降至介质槽 17 的底端以下，排尽介质槽中的冷却介质；
 35 (f) 排尽介质槽中的冷却介质后，结晶器的所有部分均保持即时状态进入一个空冷时段，空冷时段在 10~90 秒之间，随后脱型，取出铸件，开始进入下一个铸次。

利用本发明的上述方法铸造的铝硅共晶活塞不但在任意的剖切面上均未发现针孔和疏松，按

GB3508-83 标准衡定，宏观组织优于 1 级；而且按 JB/T8892-1999 标准衡定，微观组织稳定表现为 1 级，均明显优于已有技术铸造的铝硅共晶活塞。

在本发明中可运用下述公式计算出筒状铸件纵向各段结晶界面的垂向移动速度 R：

$$R = \frac{\cos \alpha (\sigma S GTS - \lambda L GTL)}{\sigma S \Delta h}$$

式中： λS — 固相热导率；

5 λL — 液相热导率；

GTS — 固相水平方向单位长度上的温度梯度；

GTL — 液相水平方向单位长度上的温度梯度；

σS — 固相密度；

Δh — 凝固潜热；

10 α — 结晶界面与水平面的夹角；

以筒状铸件纵向各段的 R 值作冷却介质液面 34 的设定速度值。

如图 9、10、20，实施本发明的工艺必须依赖一种前序状态，这个前序状态是：注入型腔的金属熔体 36、39、81 有足够一段时间处在液相点温度以上，也就是说，在快速、顺序热扩散涉及某一部位之前，不允许该部位的金属熔体发生结晶。可以把这个前序状态进一步描述为：将金属熔体、15 铸型、型外工装、大气等视作一个系统，当金属熔体注入型腔后，只允许系统内发生小量级热转移，这一小量级热转移不足以使型腔中的金属熔体或型腔中某一部位的金属熔体 36、39、81 发生结晶，金属熔体有足够的一段时间处在液相点温度以上；这一前序状态对本发明的工艺是至关重要的，只有在前序状态下，冷却介质 33 才能推动结晶界面 37、40、44、78、82 沿自下而上的方向移动。正是本发明的结晶器具备了这一前序状态。薄膜型 8、9 自身的质量热容非常小；在系统趋向热平衡的 20 过程中，薄膜型自 25℃ 升至 700℃ 所吸收的热量只能使 10mm 厚度的铝熔体降低约 41~43℃；规板的缘 21 呈尖薄状态，因而导热面积极小，在冷却介质涉及以前能够传给型座的热量亦不足以突破前序状态。

实施例 1

25 本发明的第一个实施例如图 1、2。该结晶器用于铸造图 22 中标记为 97 的筒状铸件。标记为 97 的筒状铸件是外径为 414mm 的铝基轴承合金。

如图 1、2，结晶器由基座 1，底型 2，介质槽底部通道 3，沙芯 4、41，给水口 5，型座 6、7，薄膜型 8、9，液面控制器 10，泄水口 11，排水管 12，软管 14，规板 16 等部件组成。

如图 3、4，规板 16 与型座 6、7 铸成一体，所用材料为球墨铸铁。如果以筒状铸件的横截面为 30 投影面，规板的投影呈放射状排布，放射源在筒状铸件的圆心上，根据需要，也可以在其它位置上；规板向心一侧是一条成形的缘 21，缘的横截面形状是一个被圆柱体 22 截顶的三角形，截顶弧长一般为 0.5~6mm，相邻两条缘在圆柱体 22 上截得的弧长一般为 2~50mm。在本实施例中，截顶弧长为 1.6mm，相邻两条缘在圆柱体 22 上夹持的弧长为 32.6mm，相当于相邻两个规板之间的夹角为 9°。图 3 中双点划线表示的虚拟圆柱体 22 在实施过程中是刃具的切削轨迹，所以，缘 21 的截顶弧和纲

环 25 是一体切削而成。相邻的规板之间有一定的垂向间隙既空槽 17-1，每一个空槽的上端有一个给水口 5。同一个型座上的所有空槽底部由通道 3（见图 1）联通，并通向排水管 12。每个型座上有至少两个合型副 57、59。合型副上有多个插槽 23。

如图 5、6，薄膜型 8、9 有型壁 8-1、9-1。型壁的弧长精确到 0.0005。薄膜型的厚度与简状铸件直径的比值一般在 0.0015~0.006 之间，在实际使用过程中，计算所得的薄膜型的型壁厚度若是非标准数据，可以整合为标准厚度。在本实施例中，型壁的厚度具体为 0.8mm。每只薄膜型至少有两只型耳 8-2、8-3、9-2、9-3，型耳是型壁沿分型面延伸 90mm 而形成的。每只型耳上有三个插脚 8-4、9-4。

如图 7，底型 2 有外副 26。根据式一，外副直径为 $(414 - 0.8 = 413.2) \text{ mm}$ 。

10 在合型以前，需要把薄膜型附着在型座上，是把插脚插入插槽内完成附着的，这种附着是松旷的连接，只保证开模后薄膜型不脱离型座，这是因为薄膜型在准确定位之前需要有小范围内的自由度。合型以后，薄膜型被嵌在外副 26、纲环 25、合型副 53、55、57、59、规板 16 之间精确配合而形成的空间中。

如图 2，薄膜型的型壁在强制定圆以前只须具备精确的弧长而不必追求其圆度。当型座 6、7 受 15 机械力的作用沿 F1、F2 方向合拢且柔性压紧后，将两片薄膜型的四只型耳 8-2、8-3、9-2、9-3 压紧在两对合型副之间，型壁 8-1、9-1 产生张力，型壁的张力与规板 16 的反张力形成一对力偶，使型壁准确定圆且具有刚性。

如图 1、2，型壁被准确定圆以后，由型壁 8-1、9-1、多个规板 16、纲环 25、合型副 53、55、 20 57、59、排水管 12 共同组成不泄露的冷却介质通道—介质槽 17。介质槽 17 下端与排水管 12、软管 14、泄水口 11 串联后形成连通器；介质槽 17 内冷却介质的循环方向是上端给水，下端排水。必须说明的是：排水管 12、软管 14、泄水口 11 的通径应该足以使排水量大于最大给水量。本实施例的排水通径为 1.25in，如回路两端的冷却介质保持 20mm 的压头，最大排水量为 0.025m³/min，而本实施例的最大给水量为 0.016m³/min。泄水口 11 被固定在液面控制器 10 里面，在低于介质槽下端和高于介质槽上端的一段垂向行程内，液面控制器 10 携泄水口 11 可以在任意高度停留或以任意速度升降。液面控制器 10 的升降是以机械驱动的方法实现的。

如果给水口 5 向介质槽 17 连续注入足够的冷却介质 33，根据连通器的原理，介质槽内的冷却介质液面 34 与泄水口 11 始终处在同一水平面上，当液面控制器 10 携带泄水口 11 作升降运动时，介质槽内的冷却介质液面 34 跟随泄水口作同步运动。本实施例用机械方法驱动液面控制器 10，所以，介质槽 17 内冷却介质液面 34 的高度和运动速度按指令得到精确控制。

30 如图 8，在结晶器上方的相关位置上有浇杯 28、浇包 31，浇杯 28 和浇包 31 分别有各自的操作机构 27、32，浇杯 28 和浇包 31 通过各自的操作机构组合成固定浇注位置；浇包 31 在升降的同时还能以翻转中心 29 为轴心进行翻转，翻转中心设在能够使金属熔体倒入浇杯 28 后形成坡流的位置。

为了便于计算注速，浇包 31 的径向截面形状设计成以翻转中心为圆心的扇形，浇包每翻转一度倒出的熔体是一个定量。浇杯和浇包的升降速度以及浇包的倾翻速度都处在参数控制状态。浇杯 28 和浇包 31 用奥氏体钢制作而成。根据型腔内浇杯 28 潜入位置的横截面形状，浇杯 28 横截面形状可圆，可方，可异形。浇包 31 壁厚 1mm，浇杯壁厚 0.6mm，表面喷布铸造涂料。在向型腔注入熔体的全

过程中，浇杯 28 和浇包 31 的相对组合位置始终不变。

具有以上特征的结晶器是本发明的基本型结晶器，可以对典型筒状铸件、例如标记为 97 的无底筒状铸件、标记为 98 的有底筒状铸件实施自下而上的快速、顺序热扩散。

5 实施例 2

如图 4 所示，标记为 99 的铸件横截面形状发生多次连续或不连续的变化，把这一种铸件视作异形铸件，如果铸造异形铸件 99，需要本发明的结晶器和铸造方法具备更多的特征。本实施例将主要以铸件 99 为例，对异形铸件的结晶器和铸造方法进行说明。

如图 24，铸造异形铸件所用的结晶器称作异型结晶器，标记为 99 的异形铸件是内燃机铝活塞，
10 在铸件 99 上需要铸出销孔 86、销孔凹面 87，由此，本发明设计了水平四分型结晶器。

如图 12、13，在基本型结晶器的基础上，每个型座割除 49、50 两个区域，在割除的区域内加进金属型 52、62；在型座上割除 49、50 两个区域后，形成了新的分型面 48，此时的型耳 8-2、8-3、9-2、9-3 应该是型壁 8-1、9-1 在新的分型面 48 上延续一个宽度而形成。金属型内侧的基本型腔面与圆柱形 22 保持一致，在金属型内侧的基本型腔面上生出平台 63，平台 63 是铸出销孔凹面 87 的
15 型腔面。

如果遇到其它铸件的外周有异形结构，同样加进一块或多块金属型，用以补充薄模型无法给出的型腔面。金属型与薄膜型组合在同一个环状结构中共同形成异形铸件的外周形状。每个金属型至少有两个侧面 54、58、56、60，侧面作合型面使用。

每一只金属型内各含一根销孔芯杆 51、61，销孔芯杆可在金属型内推拉，便于置放和脱出。

20 如图 13，滑枕 75 携金属型 52、62 沿 F3、F4 方向推进，直至触实并压紧外副 26，然后型座 6、7 携带薄膜型 8、9 沿 F1、F2 方向合拢且柔性压紧，分别将型耳 8-2 压紧在合型副 53、54 之间；将型耳 8-3 压紧在合型副 55、56 之间；将型耳 9-2 压紧在合型副 57、58 之间；将型耳 9-3 压紧在合型副 59、60 之间。型壁 8-1、9-1 下部的一段被压紧在纲环 25 与外副 26 之间。与前述同样的原理，
薄膜型壁的张力与规板的反张力形成一对力偶，使薄膜型壁 8-1、9-1 定圆且具有刚性。

25 如图 16，在铸件 99 上需要铸出内腔 85，由底型 2 的下部向上伸出金属型芯 66、67、68、69、70。

如图 17，同一个型座上的多个给水口 5 由一个配水盒 72 统一供水。配水盒有四个功能：供水；调节供水流量；瞬间断流；盒内正压转为负压吸走配水盒内余水。

如图 17、18、24，在铸件 99 上需要铸出燃烧室 84，在型腔的顶部装有顶芯 71 和顶芯操作机构
30 74。顶芯 71 用非金属材料或复合材料制成，以氮化硅 (SiN₂) 为佳。顶芯的附近设置加热器 73，顶芯随铸造节律在型腔与加热器之间作往复运动，顶芯的往复运动在顶芯操作机构 74 和程序控制的综合作用下自动完成。为了满足前序条件，顶芯在完成了一个铸次后，先是脱芯提升，然后旋转对准加热器，再下降进到加热器里，除了铸造时段外，顶芯始终在加热器里保温。

底型 2、金属型 52、62 用热作模具钢制作而成，本实施例选用 3Cr2W8V。薄膜型 8、9 用马氏体
35 耐热钢薄板冷压制成，本实施例选用 2Cr13 或 1Cr17Ni2 做薄膜型。薄膜型壁厚 0.4mm。浇杯 28、浇包 31 用奥氏体耐热钢制作，本实施例选用 1Cr18Ni9Ti 作浇杯和浇包，浇杯壁厚 0.6mm、浇包壁厚

1mm。

结晶器可以是单铸位的，也可以是多铸位的，如图 17 所示，本实施例设计的是双铸位结晶器。这里必须说明的是，本发明结晶器各部分的配合面必须具备一定的精度，分述如下：

5 纲环 25、圆柱形 22 按 GB 标准 6~7 级精度加工；型座的合型副 53、55、57、59、金属型侧面 54、58、56、60 按 GB 标准 5~6 级精度加工；制作薄膜型的冲压模按 GB 标准 5 级精度加工。

如图 24，将异型铸件 99 沿轴向分段。分段的依据是：横截面形状相同或类似的划在同一段内。这样，在系统内热平衡条件（例如熔体、冷却介质、薄膜型、缘的截顶弧长、型芯等等）确定以后，铸件各段的最快结晶速度既已成为一个定量。将这一定量称为“有限元速度”，其值用 R 表示。此前用于计算“有限元速度”即 R 值的公式（式二），是按已有的凝固理论和传热学计算方法给出的，

10 本发明的特征在于将 R 值作为冷却介质液面 34 的运动速度输入到液面控制器 10 的控制系统中。

如果铸件的轴向某一段全部是薄壁结构（图 24 中的 A 段），该段的 R 值趋向无穷大，在设定该段的注速和冷却介质液面上升速度时，可取大数值。其结果是该段铸件以快速体积结晶的方式凝固。快速体积结晶也可以获得优秀的材料组织。

在实施本发明的过程中，以下工艺要点和工艺流程成为各实施例的通则必须遵守。

15 如图 15、19，浇杯的注管 28-1 在型腔允许通过的位置 65（参照图 15）伸到型腔底部。浇注初始，浇杯 28 静止、浇包 31 翻转，待型腔内金属熔体 77 的液面 76 淹没注管底端 10~30mm 时，浇杯和浇包同步提升，提升速度与熔体液面的上升速度相同。在一个铸次的熔体全部注完以前，注管底端始终淹没在熔体液面以下 10~30mm。

如图 8、19，熔体 30 注入型腔先于冷却介质 33 注入介质槽，二者不可同时发生，更不可颠倒。

20 原因一：当冷却介质（例如水）注入介质槽后有五种存在方式—重力水、毛管水、薄膜水、吸蚀水、结晶水（存在于铸造涂料中）。吸蚀水和结晶水在低于 900℃ 时不会引起蒸汽爆发，重力水无法通过薄模型与纲圈、合型副之间微小的缝隙进入型腔，唯有毛管水和薄膜水以缓慢的速度沿着薄模型向型腔蔓延。如果熔体 30 注入型腔先于冷却介质 33 注入介质槽，致使薄模型的温度高于 150℃，在这种温度条件下，毛管水和薄膜水的蒸发速度大于蔓延速度，即可避免毛管水和薄膜水进入型腔，25 进而避免在型腔内发生蒸汽爆发。原因二：当 $R > 25 \text{ mm/s}$ 时，如果熔体 30 注入型腔滞后于冷却介质 33 注入介质槽，会导致初入型腔的熔体急剧降温，形成冷隔或冷洞（行业俗称天窗）。

如图 9、10、20，型腔内的熔体液面 35、38、80 必须高于冷却介质液面 34，在工艺方法上确立这一高度差是为了形成前序状态—在快速、顺序热扩散涉及某一部位之前，不允许该部位的金属熔体 36、39、81 发生结晶。高度差值不必严格控制，只要满足前序状态即可。

30 如图 20，为了符合前序状态的要求，顶芯 71 的温度始终保持在铸造金属的液相点温度以上。

本发明的工艺不排除型腔底部或底部一定高程内非冷却介质的强吸热作用，因为型腔底部或底部一定高程内非冷却介质的强吸热作用不违背自下而上的方向性和快速热扩散的传热物性，相反，本发明的工艺在于将型腔底部或底部一定高程内非冷却介质的强吸热作用引导成为自下而上快速、顺序热扩散的一部份。图 19、20 中结晶界面 78、82 是由冷却介质和金属型芯的强吸热作用共同形成的。结晶界面 82 标有 D 的一部份是由金属型芯顶部的吸热作用形成的，由于金属型芯与熔体之间的温度梯度小于冷却介质与熔体之间的温度梯度，所以，D 结晶界面的垂向推进速度相对较慢，此

时需将冷却介质液面的上升速度减慢或静止等待。综上所述，铸造复杂筒状铸件时，如遇到型腔底部或底部一定高程内非冷却介质的强吸热作用时，调整冷却介质液面的运动速度或加快或放慢，令冷却介质的强吸热作用和非冷却介质的强吸热作用协调整合，形成统一、圆滑、自下而上快速推进的结晶界面。

- 5 如图 15，如上所述，型腔底部或底部一定高程内非冷却介质的强吸热作用是自下而上快速、顺序热扩散的一部份，所以，本发明的工艺将型腔底部的型芯 66、67、68、69、70 和底型 2 的温度作低位控制，型芯和底型各部的平均温度控制在 170℃以下，表面瞬间温度不超过 320℃。相反，顶芯 71 的温度保持在铸造合金的液相点温度以上。

如图 21，铸件完成结晶后，配水盒 72 断流并吸走余水，液面控制器降到最低位置，放尽介质 10 槽内的冷却介质后接续一个空冷时段。中大型筒状铸件的空冷时段一般在 10~90 秒之间。设置空冷时段的目的是利用铸件的余热烘干薄膜型 8、9 的背面、纲环 25、合型副 53、55、57、59 表面附着的毛管水和薄膜水。防止残余的毛管水和薄膜水在两个铸次间歇期向薄模型内壁蔓延。

如图 11、21，按照自下而上的方向顺序结晶，铸件最后的液穴 43 或缩陷 83 存在于铸件的最上部，最后的液穴深浅，直接影响铸造金属的收成率，本发明的工艺对最后的液穴进行收口处理。收口 15 处理是调小 R 值用以引导结晶界面 44 的坡度趋缓，既引导 α 角趋小变化。必要时 R 值可为 0 或为负数。收口处理只在铸件顶部具有大面积敞露液面 42 时才是必要的。

工艺流程：合型→浇杯注管伸到型腔底部，浇包含熔体就位与浇杯形成浇注组合→开始浇注→待型腔内铝液面淹没浇杯 10~30mm 后，浇包、浇杯开始同步提升→配水盒供水，冷却水进入介质槽→液面控制器按各段有限元速度上升→结晶完毕→配水盒断水，吸走配水盒内余水→液面控制器降到最低点，介质槽内余水放尽→接续空冷时段→启模脱型。

参照图 19、20、21、24，根据铝活塞 99 的结构特点，运用（式二）计算出铝活塞横截面形状发生变化处的 R 值，经过规并整理，可将活塞沿轴向划分为 A、B、C 三段。

A 段处在活塞的裙部，全部都是薄壁结构，溶体的热容量小，加之内有金属型芯，下有底型，外有冷却介质，三个方向均是强吸热介质，根本不存在热扩散的可控条件，也就是不存在前序状态； 25 又由于强吸热作用下薄壁结构呈快速体积结晶，不需要补缩通道，所以，在 A 段里应实施快速充型，熔体液面以 30~40mm/s 的速度升至 A 段顶点，冷却水液面滞后 1 秒以同样速度升至 A 段顶点。

B 段处在活塞裙部以上、燃烧室以下部位，该段的纵截面形状呈拱桥形，此时金属型芯的剧烈吸热不但无害，反而需要借助其形成“山”形结晶界面 82，“山”形界面 82 是冷却介质和金属型芯的强吸热作用共同形成的。此时的山形结晶界面 82 不宜太陡， α 角取值 35~45°，如果太陡，这种形状将延续到活塞顶部缩陷 83，致使收口整理困难，缩陷太深，增加顶冒的切除量，严重影响金属利用率。为了形成较平缓的“山”形界面，当熔体液面淹没金属型芯后，浇注速度立即减慢下来，等待型芯顶面的吸热过程。在此同时，冷却介质液面 34 停留在型芯顶面稍高一些的位置上，等待“山”形结晶界面 82 的形成，此时的 R 值实际上是“山”形结晶界面在垂向的推进速度，相应的 GTS 表示金属型芯上部固相垂向单位长度上的温度梯度，GTL 表示金属型芯上部液相垂向单位长度上的温度梯度，得出 R 值为 3~4mm/s。冷却介质液面在停留 6~7 秒后继续上升进入 C 段。

进入 C 段后，由于上芯自身的温度高于或等于熔体的液相点温度，熔体的热扩散条件突然简化为

单一要素，完全由冷却介质控制。因此，C段的铸速范围较宽，可不与冷却介质液面的上升速度关联，一般以10~15mm/s的速度铸完全段。冷却介质液面的上升速度却不可带有任意性，仍按R值行走，得出R值为7~9mm/s。

- 当结晶界面接近铸件顶端时，冷却介质液面停留在结晶界面的高度上，收口整理最后的液穴。
5 本实施例的空冷时段为12~15秒。

在本发明中，所采用的型座和薄膜型的数量和形状可以根据铸件的实际需要确定，对于较大的铸件可采用多个型座和薄膜型进行拼模，对于铸件形状复杂的情况，型座和薄膜型的形状也可相应具有多种形状，只要型座和薄膜型在合模后能够形成铸件所需要的型腔即可，在此不作限制。

- 这里对本发明的描述和应用是说明性的，并非想将本发明的范围限制在上述实施例中。这里所
10 披露的实施例其变形和改变是可能的。对于本领域内的普通技术人员来说，实施例中可替换和等效的各种要素是公知的。本领域技术人员应该清楚的是，在不脱离本发明的创意或实质性特征的前提下，本发明还可以用其它形式、结构、布置、比例以及更多样性的元件、材料、部件来实现。在不脱离本发明的创意和实质性特征的前提下，可以对这里披露的实施例进行变形和改变。

权利要求书

- 1、一种结晶器，用于低熔点金属及其合金的铸造，其至少包括有基座（1）、底型（2）和位于底型（2）上的型座（6、7）、薄膜型（8、9），其特征在于，所述型座（6、7）的内侧呈放射状设有多个规板（16），该多个规板向心一侧形成为与薄膜型（8、9）的型壁（8-1、9-1）外周相一致的形状，型壁（8-1、9-1）的内周则是铸件的外周形状，相邻的规板之间具有一定的垂向间隙形成为空槽（17-1），该薄膜型通过定位件固定于型座上，从而该空槽（17-1）闭合成为冷却介质的循环通道即介质槽（17）；介质槽（17）的上端有至少一个给水口（5），介质槽（17）的下端与排水管（12）连通。
- 2、如权利要求1所述的结晶器，其特征在于，所述的多个规板（16）固定在型座（6、7）的内侧或一体形成在型座（6、7）的内侧。
- 3、如权利要求1所述的结晶器，其特征在于，所述的多个规板（16）呈垂向设于型座（6、7）的内侧。
- 4、如权利要求1所述的结晶器，所述的规板（16）的向心一侧为被一切割体切割而形成的缘（21），该切割体的外周面与薄膜型型壁（8-1、9-1）的外周相吻合。
- 5、如权利要求1所述的结晶器，其特征在于，所述规板向心一侧的缘（21）其横截面形状是用切割体截顶的三角形。
- 6、如权利要求5所述的结晶器，其特征在于，所述的规板的截顶弧长为0.5~6mm，相邻两条缘在切割体上截得的弧长为2~50mm。
- 7、如上述任一权利要求所述的结晶器，其特征在于，所述的切割体为圆柱体（22），该圆柱体（22）的圆柱面与薄膜型型壁（8-1、9-1）的外圆相吻合。
- 8、如上述任一权利要求所述的结晶器，其特征在于，所述型座（6、7）沿分型面布有至少两个合型副（53、55、57、59），所述薄膜型（8、9）由型壁（8-1、9-1）和型耳（8-2、8-3、9-2、9-3）构成，型耳（8-2、8-3、9-2、9-3）是由型壁（8-1、9-1）沿分型面延伸一个宽度形成的，所述型耳（8-2、8-3、9-2、9-3）被压紧在型座的合型副之间。
- 9、如权利要求8所述的结晶器，其特征在于，所述薄膜型（8、9）设有定位件，该定位件由设于合型副上的多个插槽（23）和设于型耳上的多个插脚（8-4、9-4）构成。
- 10、如权利要求1所述的结晶器，其特征在于，所述薄膜型的厚度与简状铸件直径的比值在0.0015~0.006之间。
- 11、如权利要求1所述结晶器，其特征在于，所述的薄膜型用马氏体耐热钢制作。
- 12、如权利要求8所述的结晶器，其特征在于，所述底型（2）上设有外副（26），外副（26）与型壁（8-1、9-1）的内周相吻合，底型（2）固定在基座（1）上，型座（6、7）可在底型（2）上滑动；圆柱体（22）切割型座（6、7）的内侧下部形成纲环（25），薄膜型（8、9）的下部被夹紧在外副（26）与纲环（25）之间。
- 13、如权利要求1所述的结晶器，其特征在于，排水管（12）通过软管（14）与泄水口（11）连通，泄水口（11）固定在液面控制器（10）之中，液面控制器（10）可在设定的高度停留或以设

定的速度升降。

14、如上述任一权利要求所述的结晶器，其特征在于，在所述结晶器的顶部还设有顶芯（71）以及用于置放、脱出顶芯（71）的操作机构（74）。

15、如权利要求 14 所述的结晶器，其特征在于，所述的结晶器顶部还设有加热顶芯的加热器 5 （73）。

16、如权利要求 14 所述的结晶器，其特征在于，所述的顶芯是用氮化硅材料制成的。

17、如权利要求 1 所述的结晶器，其特征在于，该结晶器还包括金属型（52、62），金属型（52、62）是镶嵌在沿分型面割除型座（6、7）的一部分（49、50）后形成的空缺中，金属型（52、62）沿分型面布有至少两个合型副（54、56、58、60），金属型（52、62）的内侧形状与型壁（8-1、9-1）10 的内周共同组合成铸件的外周形状。

18、一种上述权利要求之一所述的结晶器铸造铸件的方法，包括如下步骤：

(a) 将金属熔体（30）以设定速度注入上述结晶器的型腔中，所述的设定速度必须使型腔中的金属熔体液面（35、38、76）能够高于介质槽中的冷却介质液面（34）；

15 (b) 当金属熔体（35、38、76）充满型腔底部并淹没注管（28-1）底端 10~30mm 之后，开通配水盒（72），通过多个给水口（5）将冷却介质（33）注入介质槽（17）中；

(c) 以筒状铸件纵向各段的 R 值分段控制冷却介质液面（34）的上升速度，R 为铸件结晶界面的垂向移动速度；

(d) 结晶界面接近筒状铸件的顶部时，对铸件最后的液穴（43）进行收口，所述的收口是减小冷却介质液面（34）的上升速度或令上升速度为零；

20 (e) 待收口结束、铸件全部完成结晶后，停止给水，通过液面控制器（10）将泄水口（11）降至介质槽（17）的底端以下，排尽介质槽中的冷却介质；

(f) 排尽介质槽中的冷却介质后，结晶器的所有部分均保持即时状态进入一个空冷时段，空冷时段在 10~90 秒之间，随后脱型，取出铸件，开始进入下一个铸次。

19、如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，运用下述公式计算出筒状铸件纵向各段结晶界面的垂向移动速度 R：

$$R = \frac{\cos \alpha (\lambda S GTS - \lambda L GTL)}{\sigma S \Delta h}$$

式中：λS — 固相热导率；

λL — 液相热导率；

GTS — 固相水平方向单位长度上的温度梯度；

GTL — 液相水平方向单位长度上的温度梯度；

30 σS — 固相密度；

Δh — 凝固潜热；

α — 结晶界面与水平面的夹角；

以筒状铸件纵向各段的 R 值作冷却介质液面（34）的设定速度值。

20、如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，在结晶器型腔的顶部有顶芯（71）时，还包括步

骤:

- (g) 利用加热器 (73) 加热顶芯 (71)，使顶芯温度始终保持在铸造金属的液相点温度以上；
- (h) 利用机构 (74) 在浇注开始前将顶芯 (71) 放入型腔，待铸件完成结晶后用机构 (74) 脱取顶芯 (71) 并将其放入加热器 (73) 中保温。

5 21、如权利要求 18~20 之一所述的方法，其特征在于，如果是通过带有注管 (28-1) 的浇杯 (28) 将金属熔体注入型腔，还包括步骤：

- (i) 在浇注开始前将浇杯 (28) 的注管 (28-1) 伸到结晶器型腔的底部；
 - (j) 浇注开始后，在 (b) 步骤中的型腔内金属熔体液面 (35、38、76) 淹没注管 (28-1) 底端 10~30mm 时，浇杯 (28) 和浇包 (31) 同步提升，其提升速度与金属熔体液面 (34) 的上升速度
- 10 保持一致；在一个铸次的金属熔体全部铸完之前，注管 (28-1) 的底端始终位于金属熔体液面 (35、38、76) 以下 10~30mm。

22、如权利要求 21 所述的方法，其特征在于，浇包 (31) 的径向截面形状是以浇包翻转中心 (29) 为圆心的扇形，浇包翻转单位角度对应一定的倒出熔体重量，金属熔体液面 (35、38、76) 的上升速度是通过控制浇包的翻转角速度来实现的。

1/16

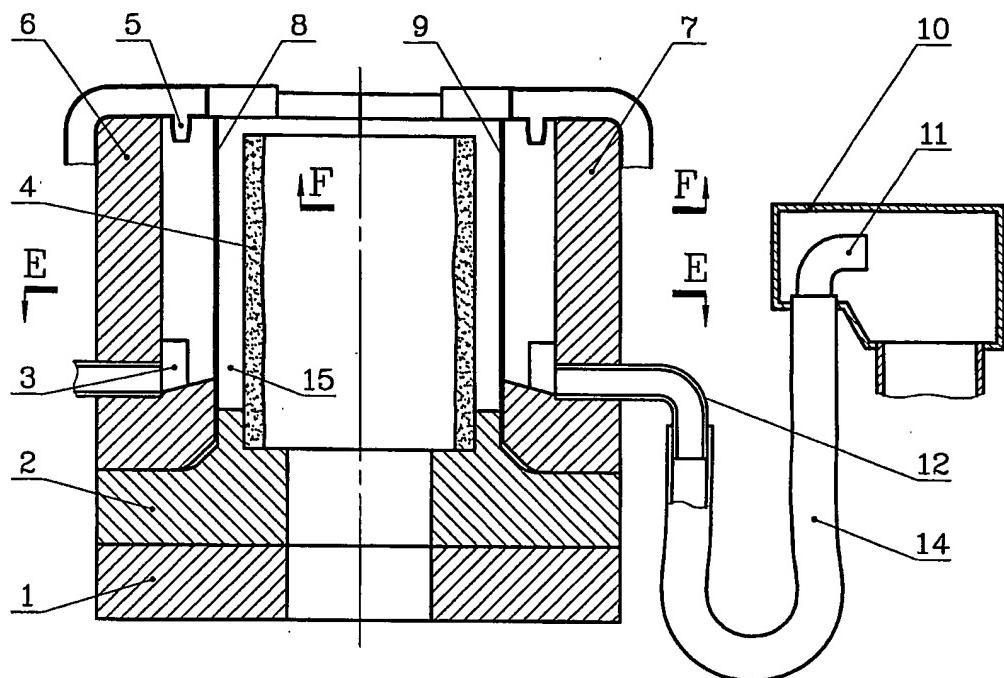


图1

E-E

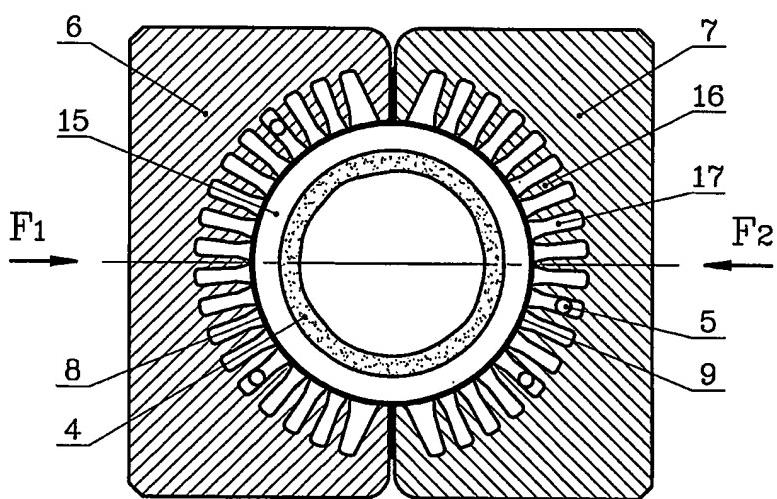


图2

2/16

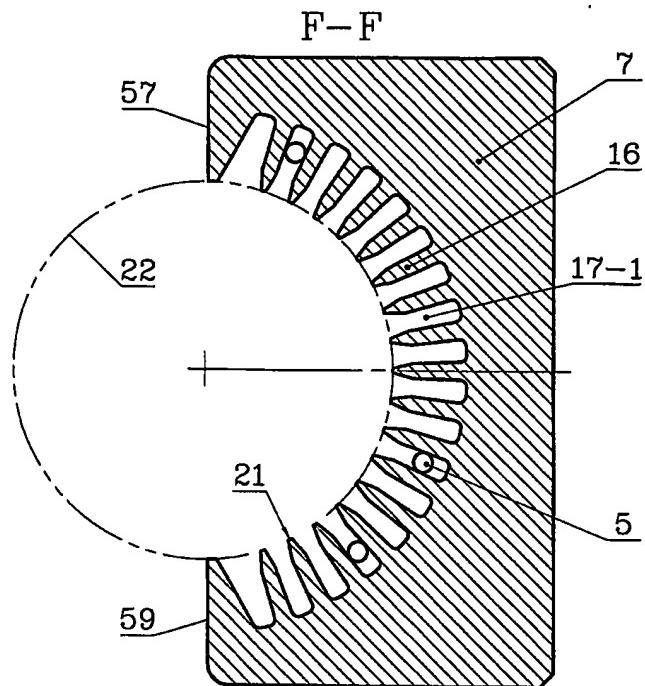


图3

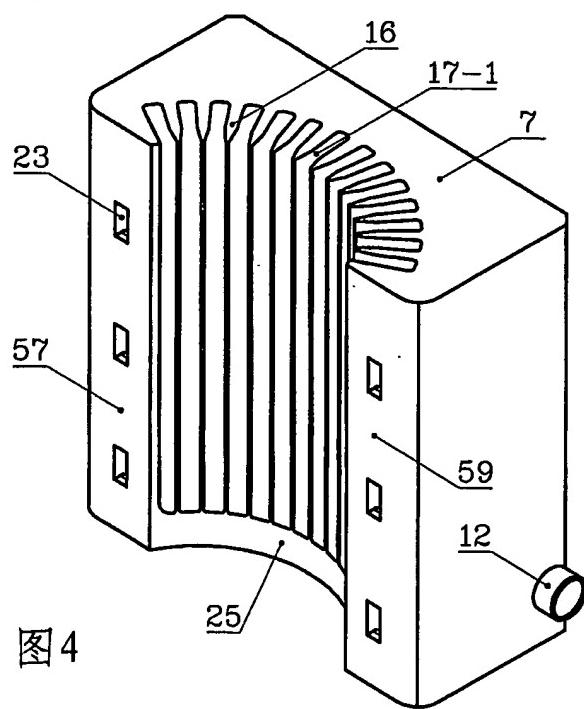


图4

3/16

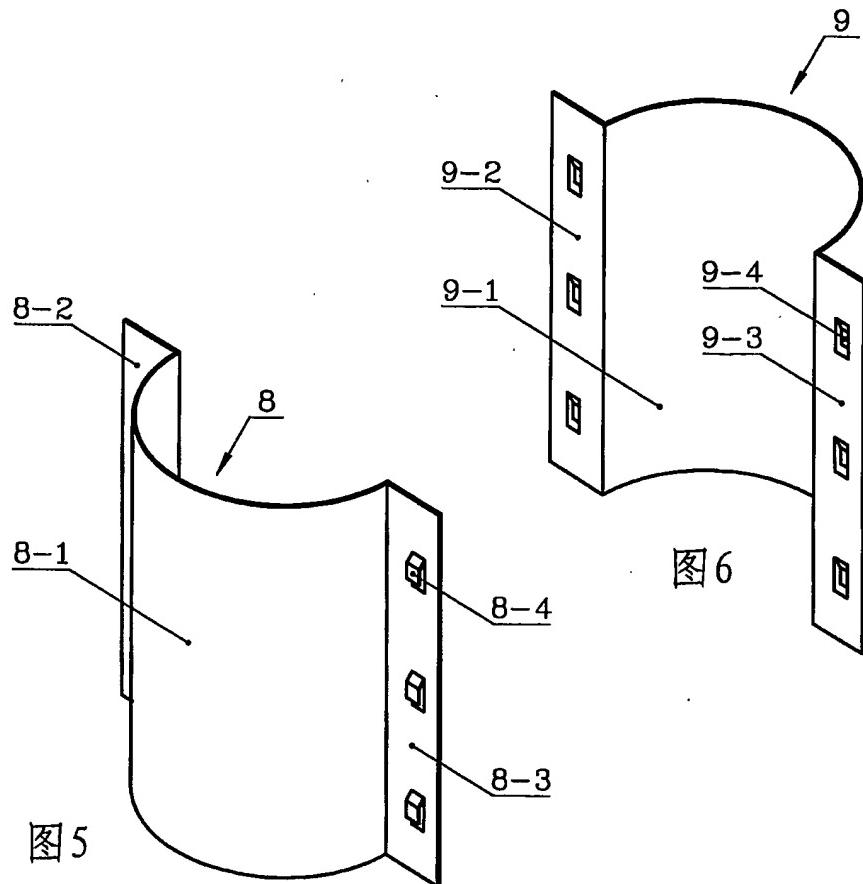


图5

图6

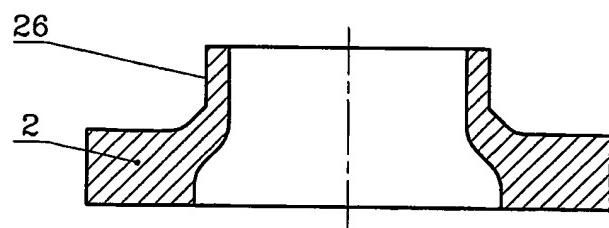


图7

4/16

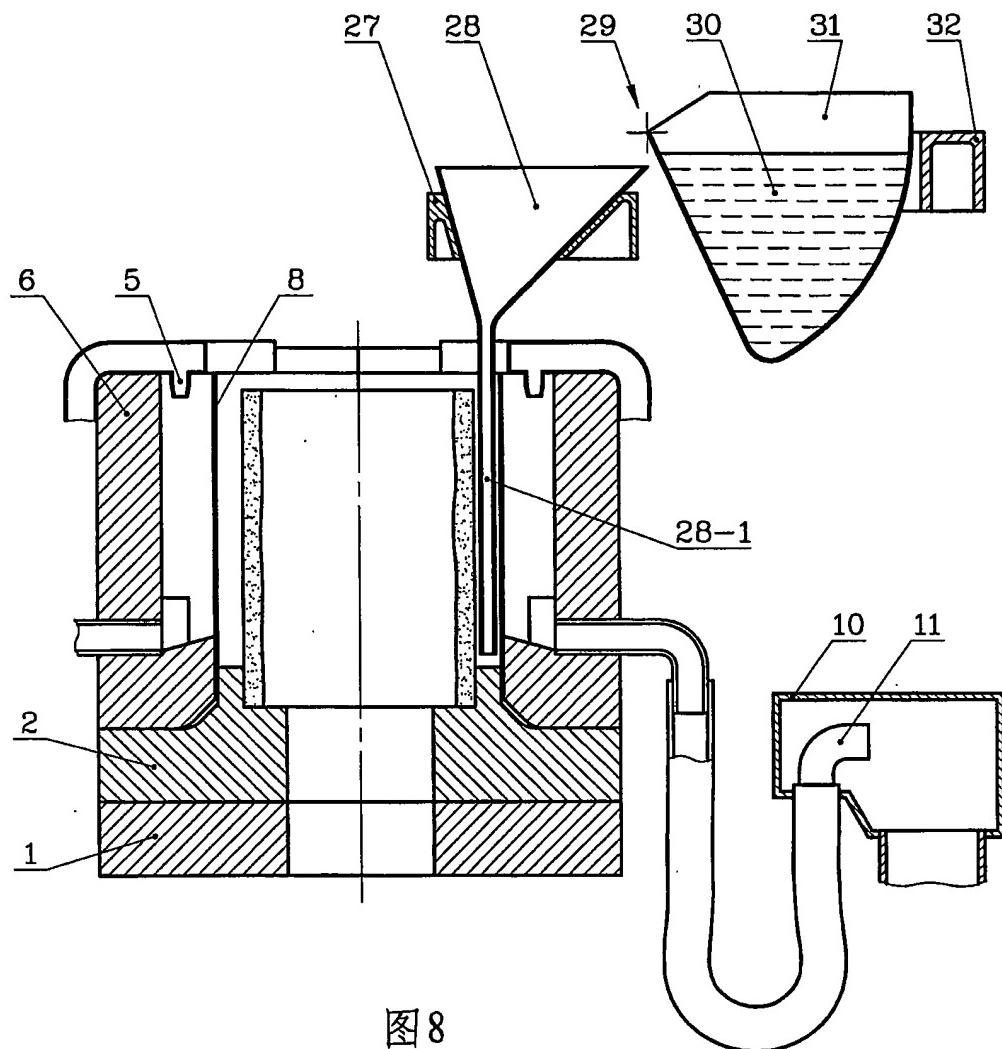


图8

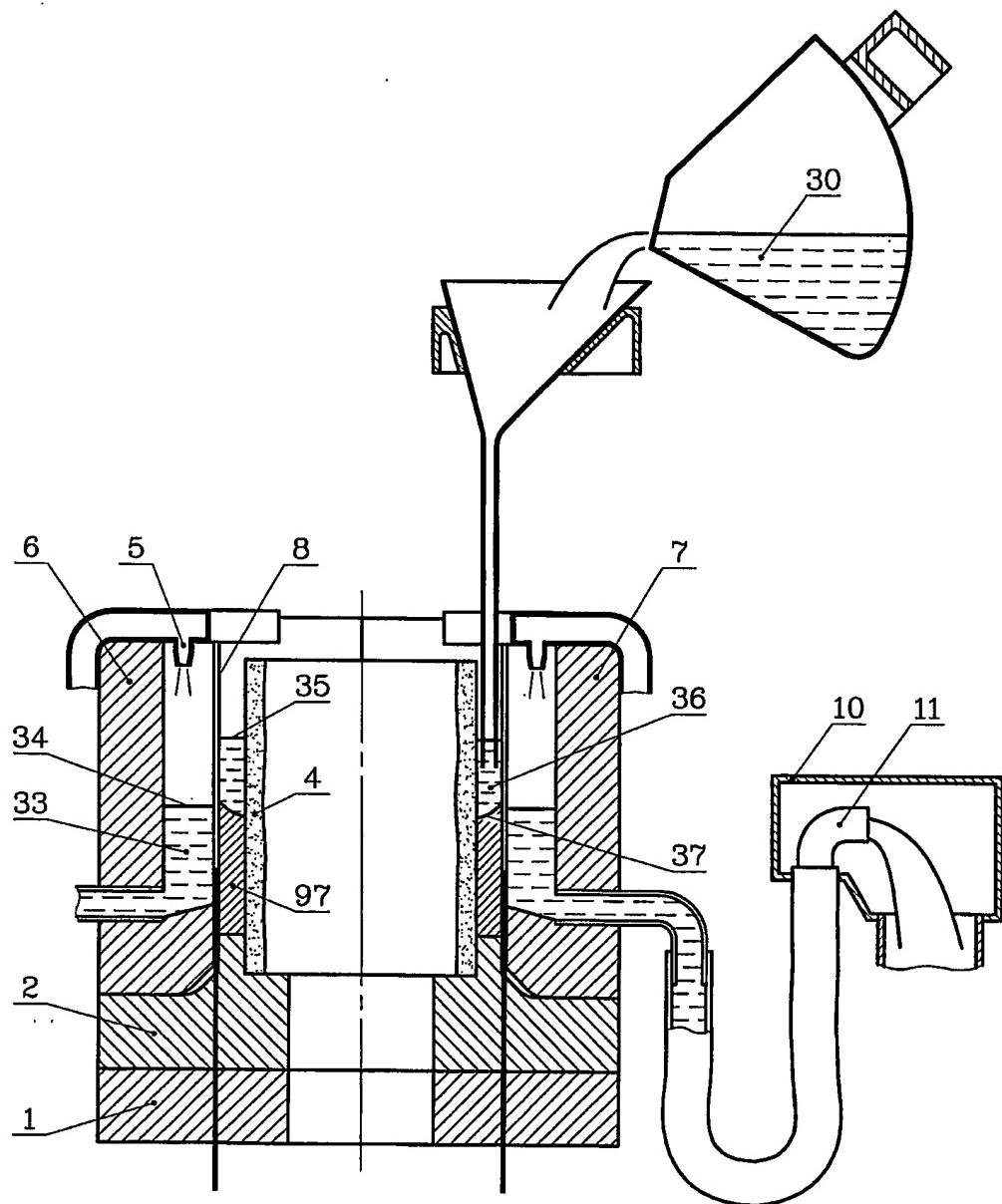


图9

6/16

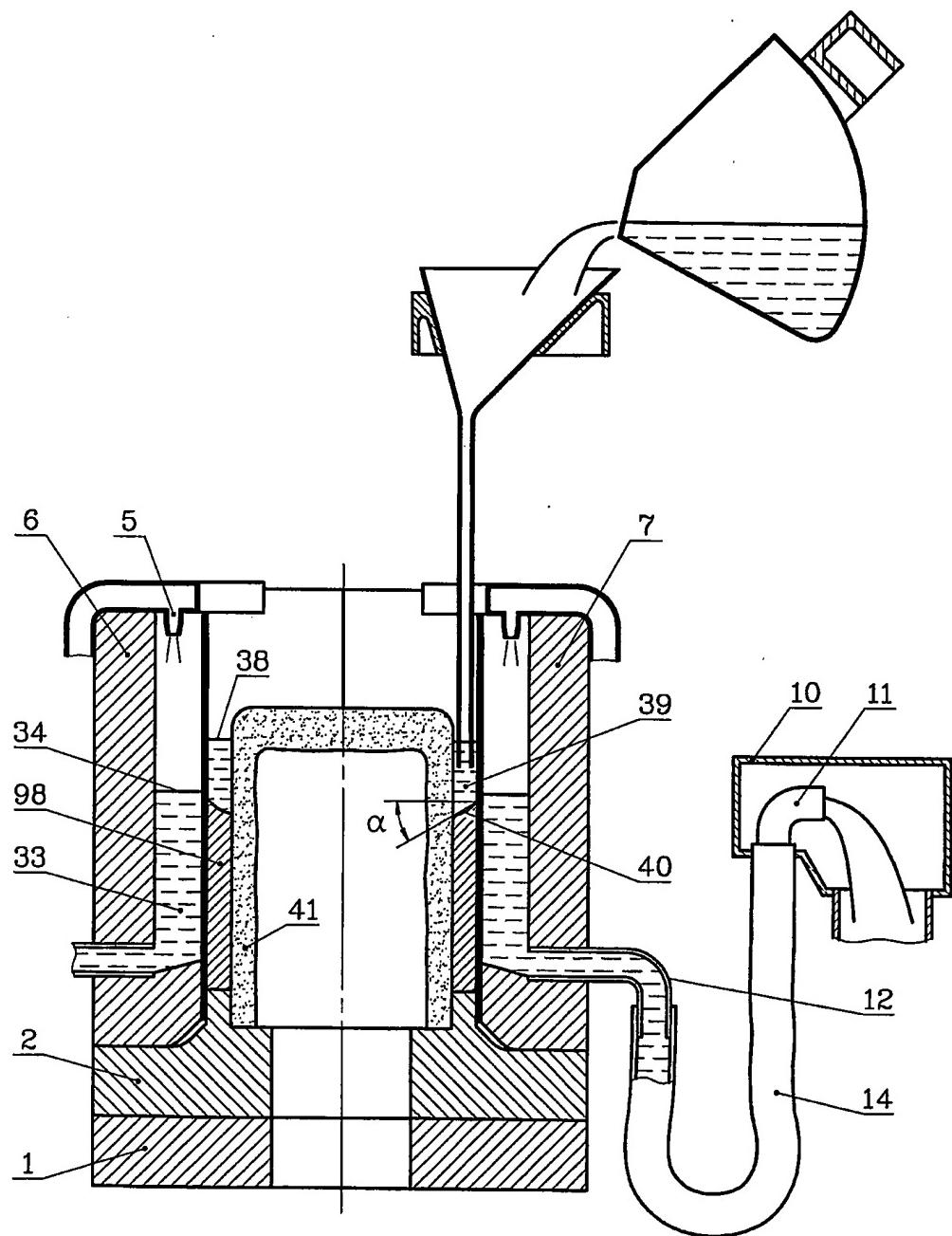


图10

7/16

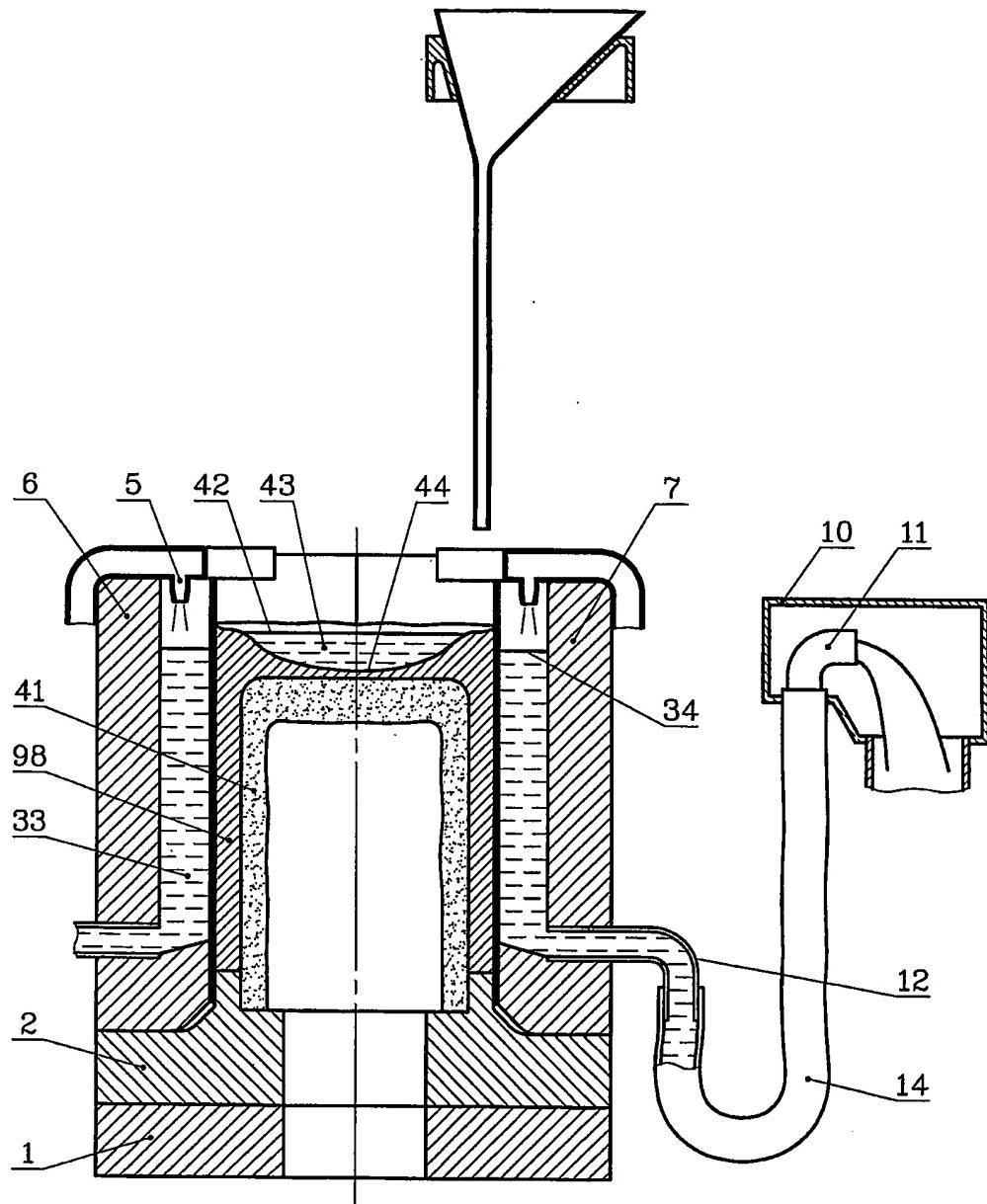


图11

8/16

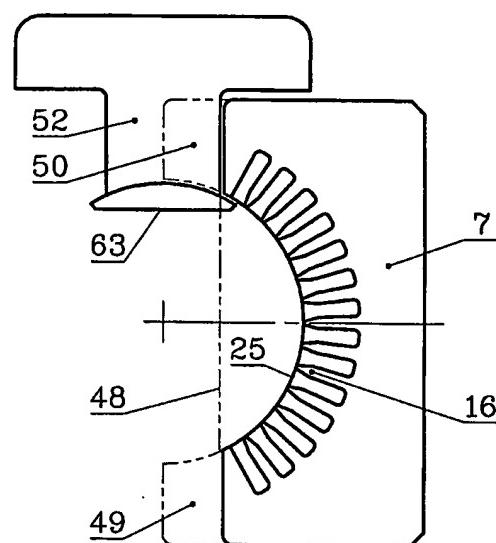


图12

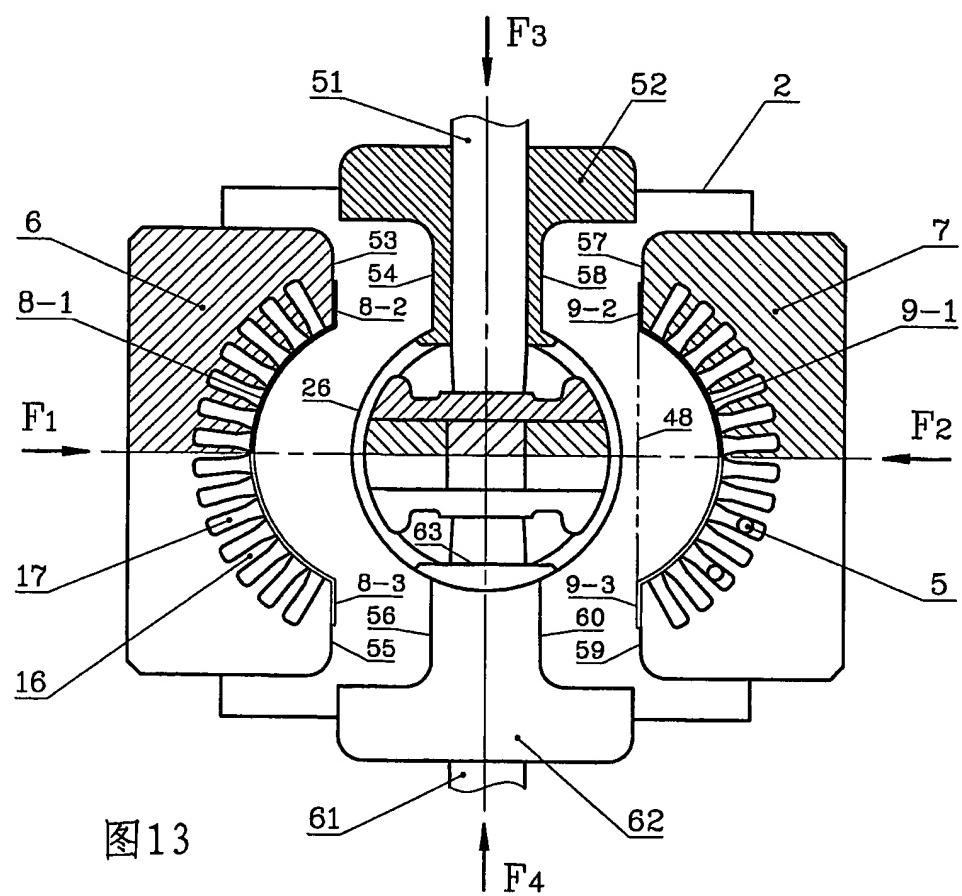


图13

9/16

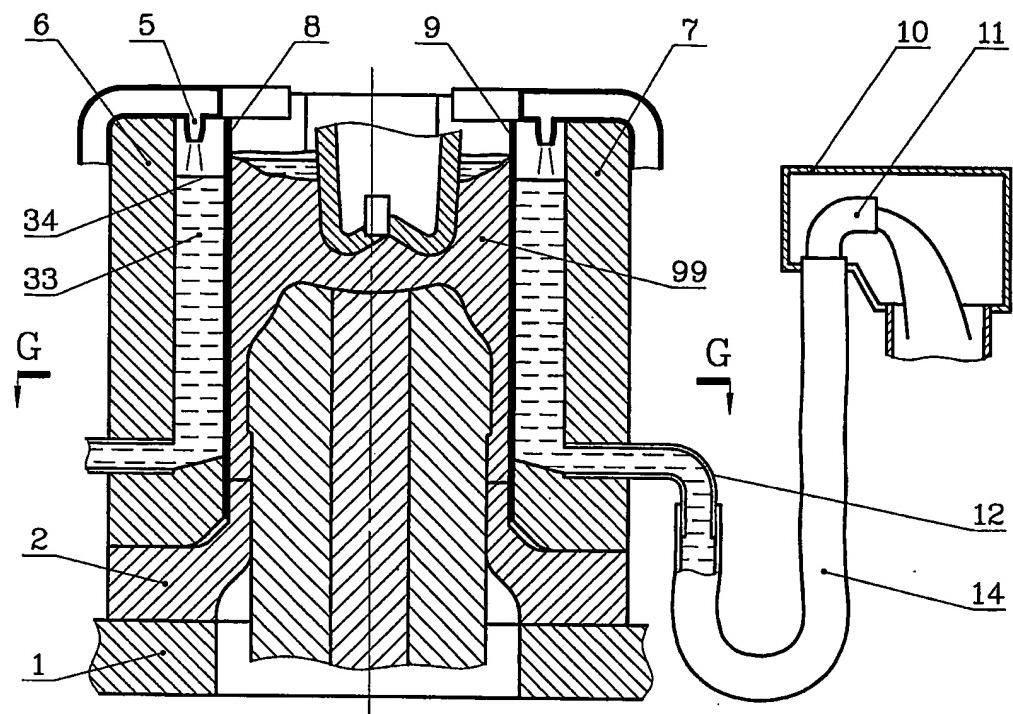


图14

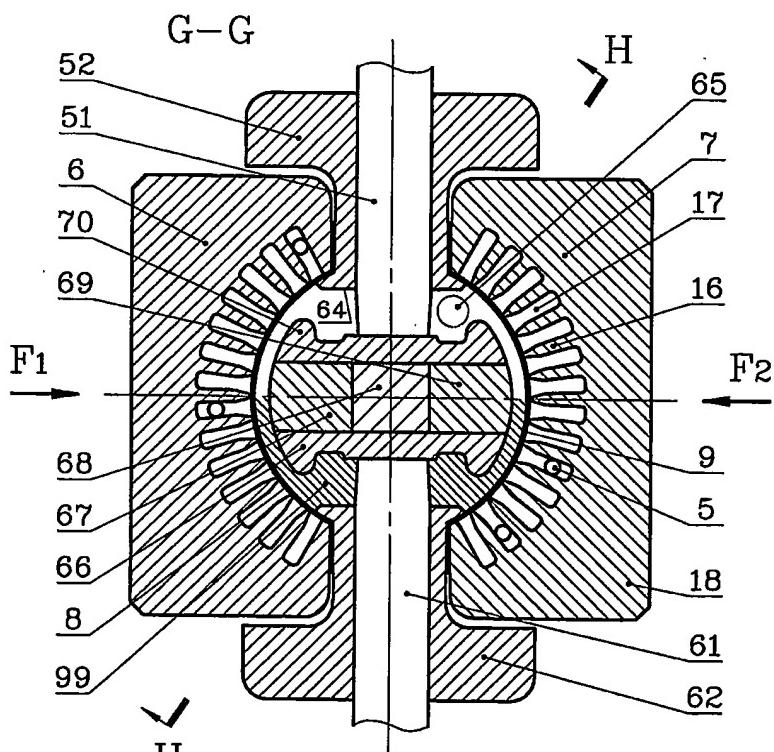


图15

10/16

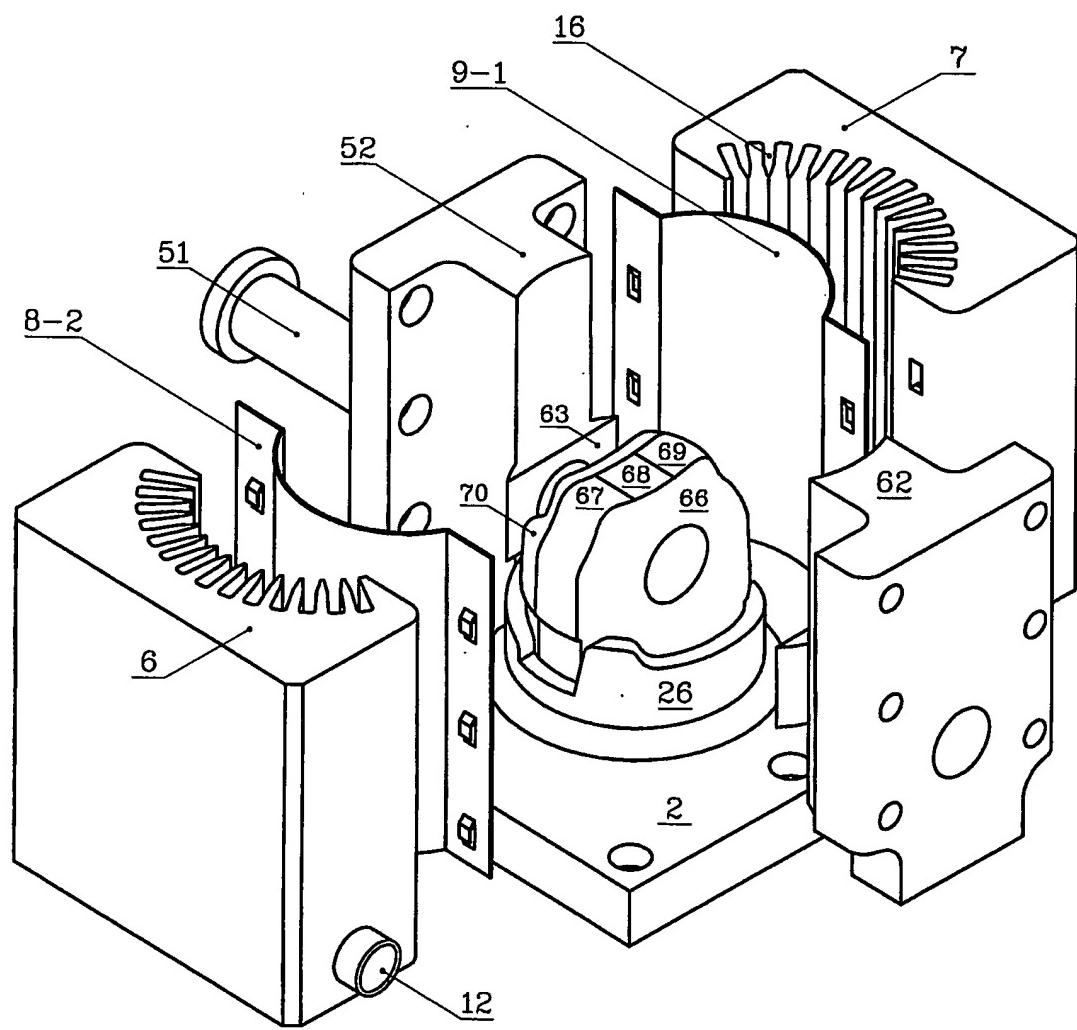


图16

11/16

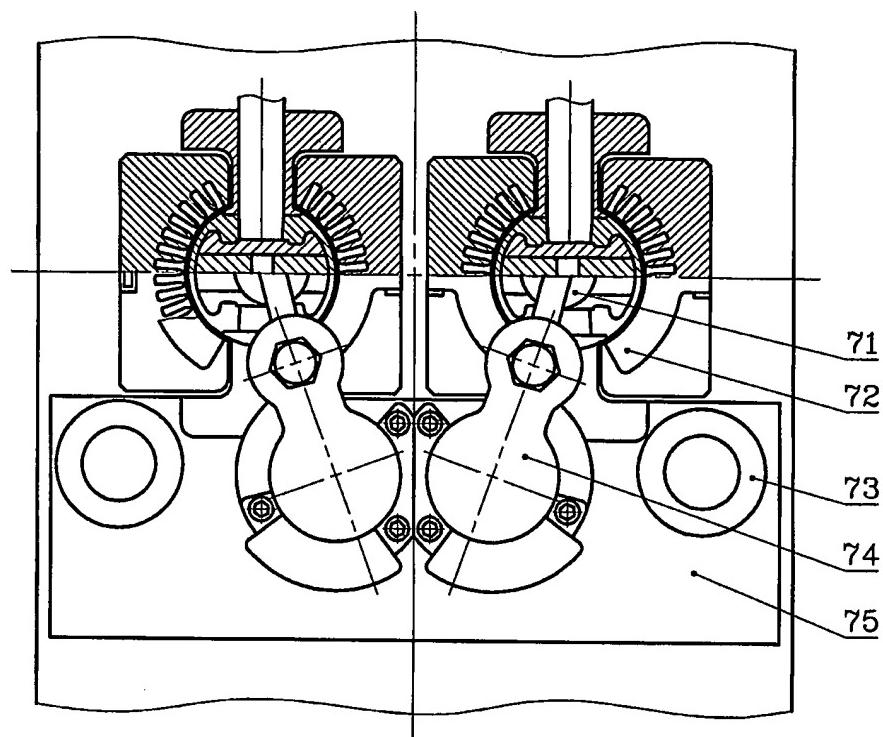


图17

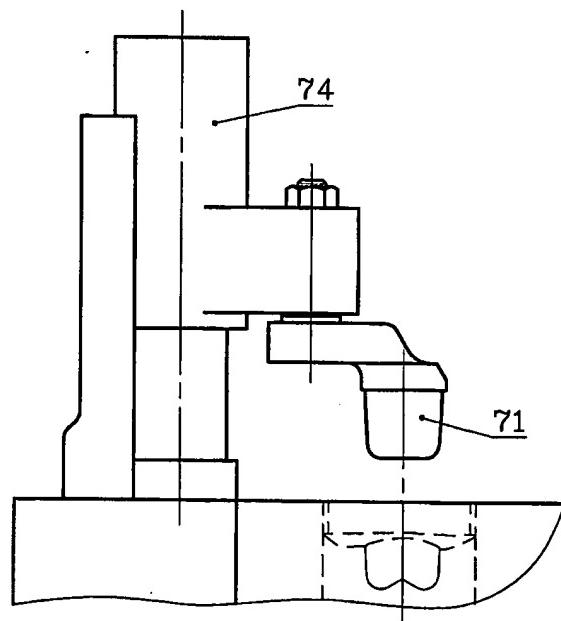


图18

12/16

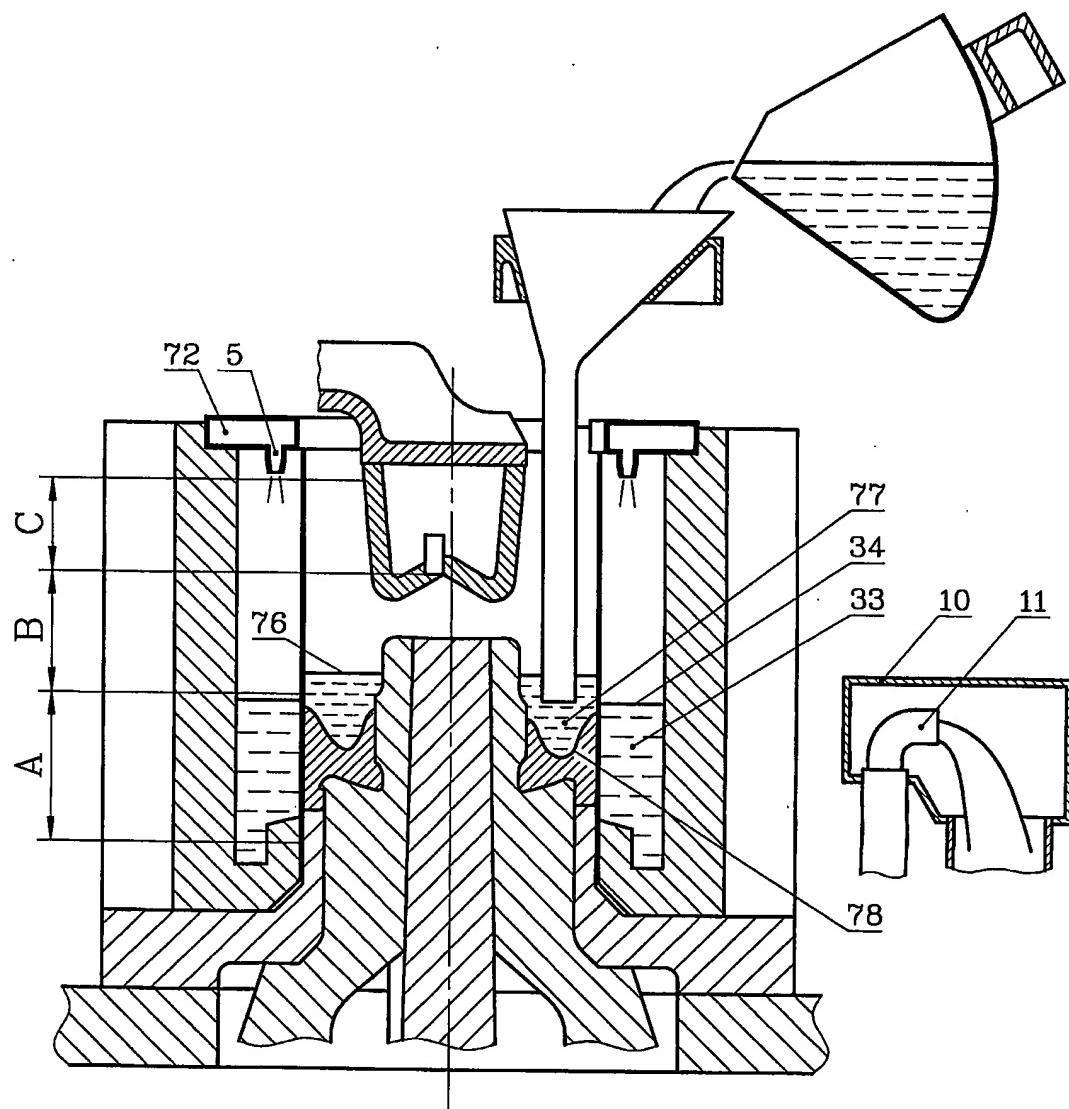


图19

13/16

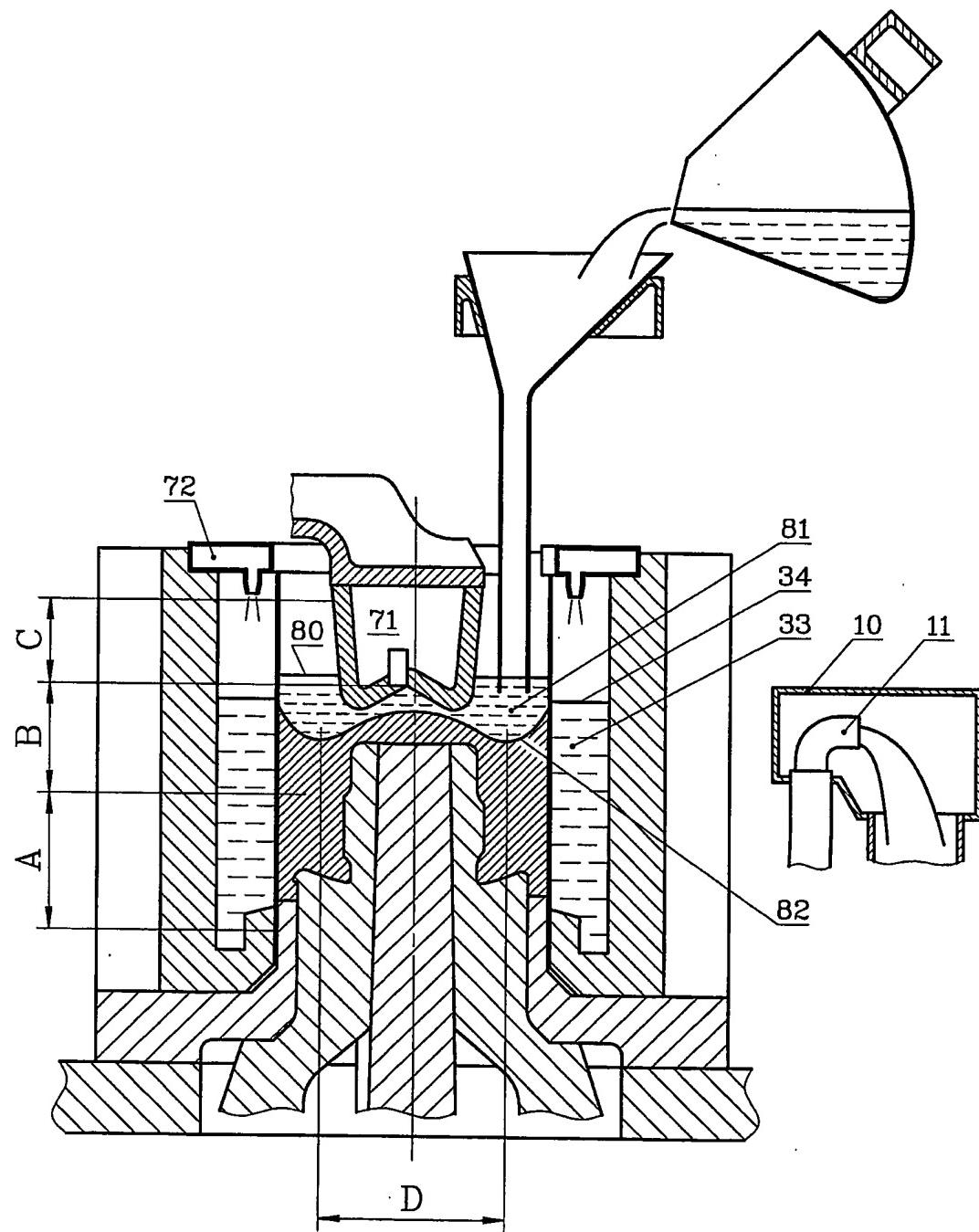


图 20

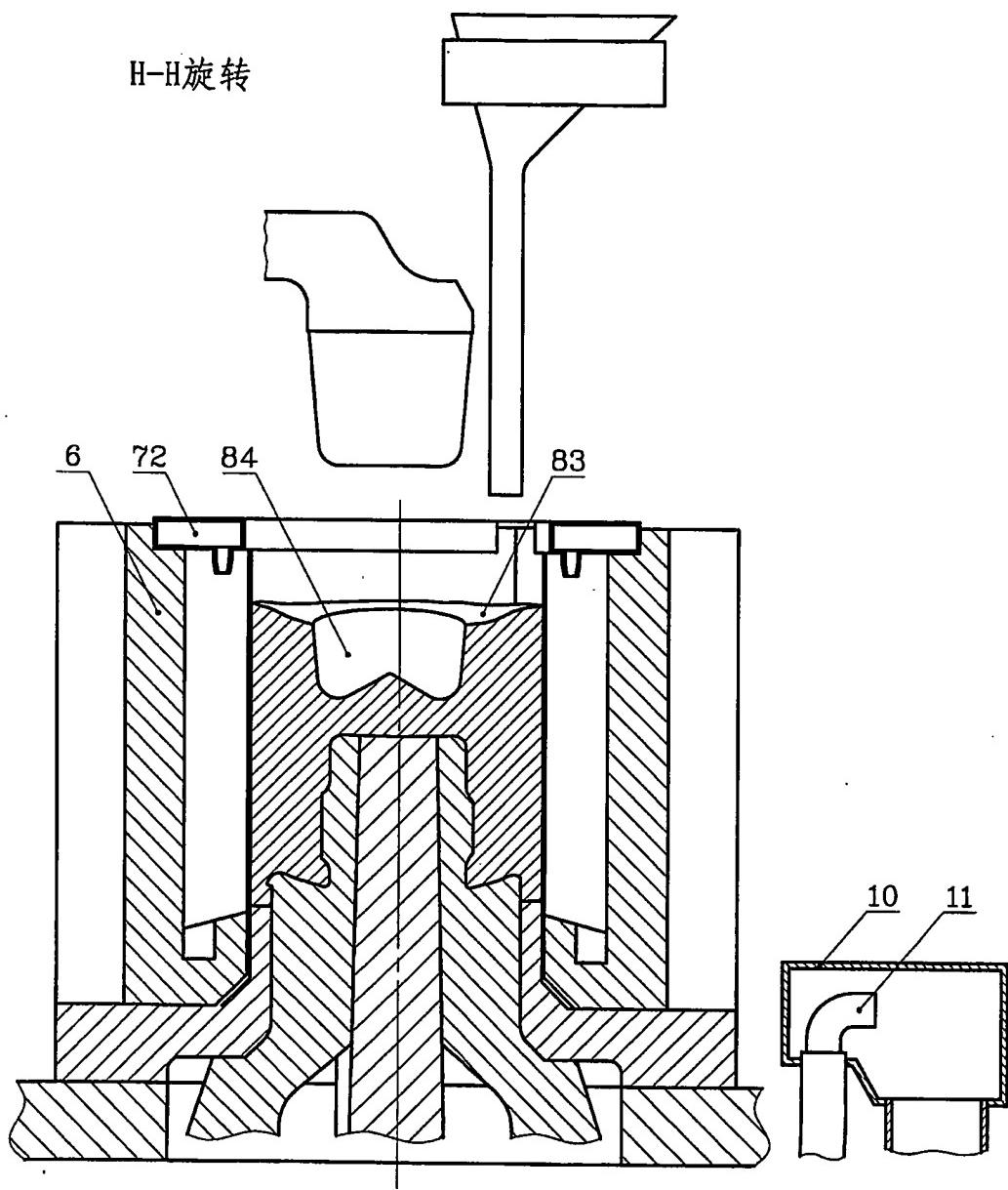


图21

15/16

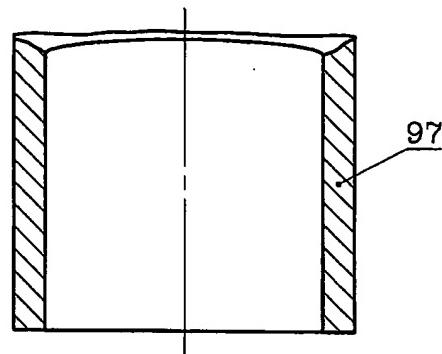


图22

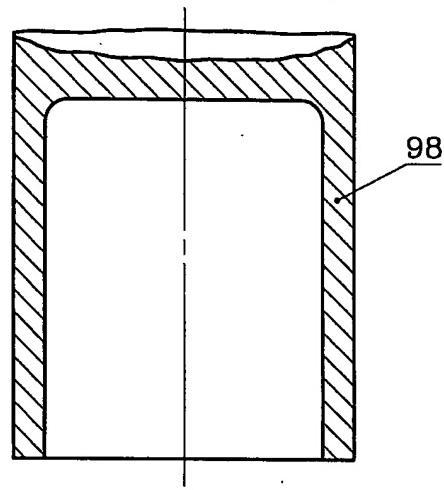


图23

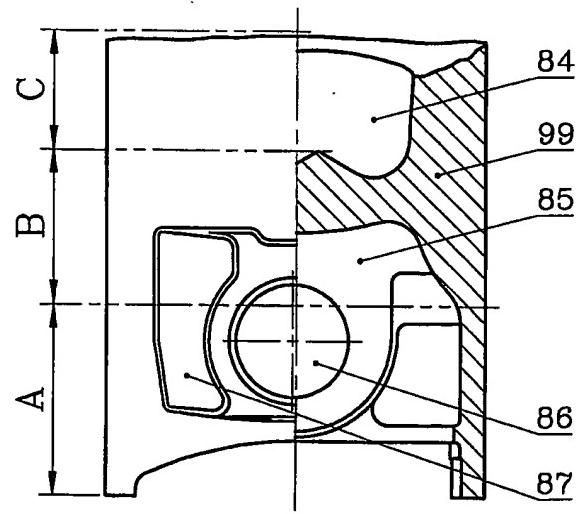


图24

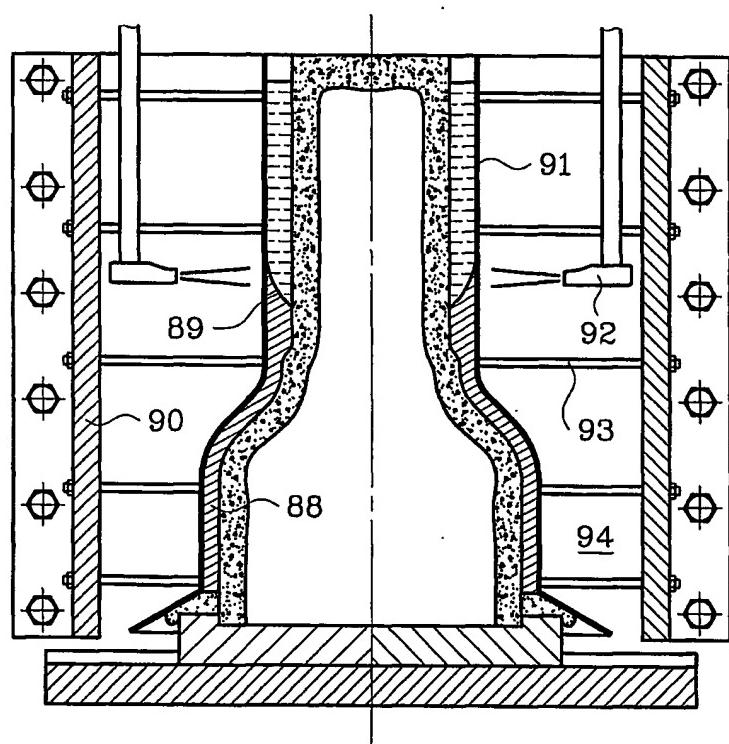


图25

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2004/000586

A. 主题的分类IPC⁷ B22C9/24, B22C9/22, B22D15/02, B22D23/02

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC⁷ B22C9/24, B22C9/22, B22D15/02, B22D23/02, B22D21/04, B22D21/02, B22D11/04, B22D25/02, B22D35/06

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

中国发明专利 中国实用新型专利

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, WPI, EPDOC, PAJ

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN1098345A (孙继华) 08.02月1995 (08.02.95) 全文	1-22
A	FR2237156A1 (L MONTAGNE) 14.03月1975 (14.03.75) 全文	1-22
A	CN1211481A (傅明康) 24.03月1999 (24.03.99) 全文	1-22
A	US4251253A (HERMANN HEYE) 17.2月1981 (17.02.81) 全文	1-22
A	FR2766172A1 (SAINT-GOBAIN EMBALLGE SA, ET AL) 22.01月1999 (22.01.99) 全文	1-22

 其余文件在 C 栏的续页中列出。 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“B” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期 18.08月2004 (18.08.04)	国际检索报告邮寄日期 02·09月2004 (02·09·2004)
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号100088 传真号: (86-10)62019451	受权官员  电话号码: (86-10) 62085424

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2004/000586

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1098345A	1995-02-08	无	
FR2237156A1	1975-03-14	FR2237156AB	1975-08-25
CN1211481A	1999-03-24	CN1059618B	2000-12-20
US4251253A	1981-02-17	BE845000A	1976-12-01
		IE44381L	1977-02-20
		DK378176A	1977-02-21
		DK150742B	1987-06-09
		DK150742C	1987-11-02
		NL7609218A	1977-02-22
		NL174340C	1984-06-01
		DE2537037ABC	1977-02-24
		JP52025816A	1977-02-26
		JP55011618B	1980-03-26
		JP1021101C	1980-11-25
FR2766172A1	1999-01-22	WO9903789A	1999-01-28
		AU8633798A	1999-02-10